

Method for determining the position in space of a body, using electronic camera with image processing, which is moved using swinging head to be targeted on three fixed characteristic points on body

Publication number: DE10111729

Publication date: 2002-09-26

Inventor: ERSUE ERIS (DE); WIENAND STEPHAN (DE)

Applicant: ISRA VISION SYSTEMS AG (DE)

Classification:

- international: **G01C11/02; G01S5/16; G01C11/00; G01S5/00;** (IPC1-7): G01B11/00; G01C11/02; G05B19/401

- european: G01C11/02; G01S5/16B

Application number: DE20011011729 20010309

Priority number(s): DE20011011729 20010309

[Report a data error here](#)

Abstract of DE10111729

The camera (2) is calibrated using a calibration board (3) or the body (5) itself, to which a number of known target points (4) can be attached, or by controlled movement of the camera relative to a single target point. The camera is moved using a swinging head (1) so that it is targeted on at least three fixed characteristic points (6, 6', 6) on the body whose body related coordinates are known. From the calibration and fixed-point measurements, the spatial position of the body can be determined.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑩ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 11 729 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 B 11/00
G 01 C 11/02
G 05 B 19/401

⑲ Aktenzeichen: 101 11 729.9
⑳ Anmeldetag: 9. 3. 2001
㉑ Offenlegungstag: 26. 9. 2002

DE 101 11 729 A 1

⑦ Anmelder:
ISRA Vision Systems AG, 64297 Darmstadt, DE

⑧ Vertreter:
Keil & Schaaflhausen Patentanwälte, 60322
Frankfurt

⑦ Erfinder:
Ersü, Eris, Dipl.-Ing., 64297 Darmstadt, DE;
Wienand, Stephan, Dipl.-Ing., 64673 Zwingenberg,
DE

⑥ Entgegenhaltungen:
DE 44 32 828 C2
EP 09 11 603 A1
EP 07 63 406 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥ Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Körpers im Raum

⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Körpers im Raum mit Hilfe einer elektronischen Kamera mit Bildverarbeitung. Die Kamera wird unter Verwendung einer Kalibriertafel oder dem Körper selbst, auf welcher bzw. welchem mehrere bekannte Zielpunkte angebracht sind, oder mit Hilfe einer kontrollierten Bewegung der Kamera und einem einzelnen Zielpunkt, kalibriert. Die Kamera wird zur Bildaufnahme mit Hilfe eines Schwenk-Neige-Kopfes hintereinander auf mindestens drei auf dem Körper bestimmte Merkmale gerichtet, dessen körperfeste Koordinaten jeweils bekannt sind. Die Bildkoordinaten der drei Merkmale werden mit Hilfe der elektronischen Bildverarbeitung festgestellt. Zusammen mit diesen, den Kalibrierparametern, der Kamera und den bekannten körperfesten Koordinaten der Merkmale wird die Lage des Körpers im Raum bestimmt.

DE 101 11 729 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Körpers im Raum mit einer elektronischen Kamera mit Bildverarbeitung.

[0002] Es ist bekannt, die Lage eines Körpers im Raum mit Hilfe mehrerer um diesen Körper platzierten Kameras zu bestimmen, welche alle in einem gemeinsamen Koordinatensystem kalibriert sind und welche keinen gemeinsamen Teil des Körpers sehen. Hierzu ist bspw. aus der EP 0 911 603 A1 ein Verfahren zur optischen Bestimmung der Lage eines endlichen starren Körpers in einem räumlichen Koordinatensystem bekannt, bei welchem aus einer Auswahl von mehreren, auf dem starren Körper vorhandenen Linien oder Kanten, die in Bezug zum körpereigenen Koordinatensystem stehen, jede Linie oder Kante für sich in einem ihr zugeordneten ebenen Koordinatensystem abgebildet wird und wobei die Lage jedes ebenen Koordinatensystems auf das räumliche Koordinatensystem bezogen ist. Diese Vorgehensweise hat jedoch den Nachteil, dass immer mindestens drei Kameras benötigt werden, um die Lage des Körpers im Raum zu bestimmen.

[0003] Es ist ferner bekannt, die Lage eines Körpers im Raum aus mehreren Ansichten desselben Teils des Körpers zu bestimmen. Hierzu ist aus der EP 0 763 406 A1 ein Verfahren zum Bestimmen der Lage eines Körpers im Raum mit mehreren mit diesen zusammenwirkenden räumlich getrennten elektronischen Kameras mit Bildverarbeitung bekannt, wobei jede von mindestens drei räumlich getrennten elektronischen Kameras mit Bildverarbeitung, welche bei deren Einmessen eine ihr zugeordnete Kalibriertafel mit Punktmuster aufnimmt, deren Bilder sowie das Punktmuster zur Bestimmung der Lage der einzelnen Kameras im Raum verarbeitet und deren Lage gespeichert werden, wobei eine Vermessung der Kalibriertafeln zueinander getrennt hiervon erfolgt und diese Werte ebenfalls gespeichert werden, anschließend der Körper in den Raum zwischen den elektronischen Kameras verbracht wird, je ein charakteristischer Punkt auf dem in den Raum verbrachten Körper in je einer diesem zugeordneten elektronischen Kamera abgebildet wird, dass dessen Lage in Bild mit seiner konstruktiven vorgegebenen Position des charakteristischen Punktes auf den in den Raum verbrachten Körper zusammen mit den gespeicherten Werten verarbeitet wird, und alle derart verarbeiteten Werte die Lage des in dem Raum verbrachten Körpers in den sechs räumlichen Freiheitsgraden charakterisieren. Diese Vorgehensweise hat den Nachteil, dass entweder mehrere Kameras benötigt werden oder eine Kamera so um den Körper bewegt werden muss, dass der gleiche Teil des Körpers aus verschiedenen Ansichten gesehen wird. Im letzteren Fall ist eine Bewegungseinheit für die Kamera notwendig, welche die Kamera über längere Strecken positionieren muss in Abhängigkeit von der Größe des Körpers.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art vorzuschlagen, welches auf einfache und wirtschaftlichere Weise ausgeführt werden kann.

[0005] Hierzu wird im Rahmen der Erfindung bspw. vorgeschlagen, die Kamera mit Hilfe einer Kalibriertafel oder dem Körper selbst, auf welcher bzw. welchem mehrere bekannte Zielpunkte angebracht sind, oder mit Hilfe einer kontrollierten Bewegung der Kamera und einer einzelnen Marke kalibriert, die Kamera wird zur Bildaufnahme mit Hilfe eines Schwenk-Neige-Kopfes hintereinander auf mindestens drei auf den Körper bestimmten Merkmale gerichtet, dessen körperfeste Koordinaten jeweils bekannt sind, dann werden die Bildkoordinaten der drei Merkmale mit Hilfe der elektronischen Bildverarbeitung festgestellt und

schließlich wird aus den Kalibrierparametern der Kamera und den bekannten körperfesten Koordinaten der Merkmale die Lage des Körpers im Raum bestimmt.

[0006] Die elektronische Kamera kann eine an sich bekannte CCD (Computer-Controlled Display)-Kamera sein. Die der Kalibrierung dienenden Zielpunkte können demnach entweder auf einer Kalibriertafel oder auf dem Körper selbst vorgesehen sein. "Zielpunkte" sind natürlich in der Praxis kleine Zielflächen geringen Querschnitts beliebiger, aber vorzugsweise kreisrunder Gestalt. Die Kamera braucht lediglich von einem Schwenk-Neige-Kopf unterstützt zu sein, so dass eine Bewegungseinheit, welche die Kamera über längere Strecken in Abhängigkeit von der Größe des Körpers positionieren muss, entbehrlich ist. Die Bildkoordinaten der drei Merkmale auf dem Körper lassen sich mit Hilfe der elektronischen Bildverarbeitung auf einfache Weise feststellen. Ebenso einfach ist dann die Bestimmung der Lage des Körpers, wenn die Bildkoordinaten der drei Merkmale, die Kalibrierparameter der Kamera und die körperfesten Koordinaten der Merkmale zur Verfügung stehen. Zur Erhöhung der Genauigkeit können durch Verschwenken der Kamera ohne weiteres auch mehr als drei auf dem Körper bestimmte Merkmale zur Bildaufnahme benutzt werden. [0007] Statt die mehreren bestimmten Merkmale nacheinander zur Bildaufnahme heranzuziehen, ist es auch möglich, bei ein und derselben Bildaufnahme mehr als ein auf dem Körper bestimmtes Merkmal, dessen Bildkoordinaten festgestellt werden sollen, zu benutzen.

[0008] In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird ferner vorgeschlagen, eine Kamera mit Autofokus und/oder Zoom zu verwenden. Für die jeweilige Bildaufnahme werden dann die entsprechenden Einstellungen der Kamera mit kalibriert.

[0009] Bei der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann man bspw. so vorgehen, dass zunächst der erforderliche Zoom der Kamera eingestellt, dann die Kamera auf die entsprechenden Merkmale geschwenkt und die Autofokus-Einstellungen vorgenommen oder gesteuerte Fokuseinstellungen vorgenommen werden. Erst dann wird die Kalibrierung der Kamera durchgeführt, indem die Kamera z. B. auf die Kalibriertafel verschwenkt wird, um die notwendigen Kalibrierungsparameter zu bestimmen. Dann wird die Kamera auf die entsprechenden Merkmale des Körpers zur Bildaufnahme und -auswertung zurückgeschwenkt. Hierbei werden sowohl interne (Zoom und Autofokus) als auch externe Lagkoordinaten Parameter der Kamera berücksichtigt.

[0010] Für Routineuntersuchungen, bspw. an einer Fertigungsstraße für Automobile, kann es auch zweckmäßig sein, dass die Kalibrierung der Kameras vor der eigentlichen Lagebestimmung ausgeführt und die Kalibrierungsparameter elektronisch abgespeichert werden, so dass sie danach jederzeit zur Verfügung stehen.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren schließt nicht aus, dass zur Erhöhung der Genauigkeit der Lagebestimmung oder zur Bestimmung der Lage sehr komplexer Körper auch mehrere auf Schwenk-Neige-Köpfen gelagerte Kameras verwendet werden.

[0012] Gemäß einem alternativen Erfindungsvorschlag wird mindestens ein Merkmal auf dem Objekt benutzt und dieses unter mindestens zwei verschiedenen Einstellungen des Schwenk-Neige-Kopfes betrachtet. Dabei kann die Bewegung des Schwenk-Neige-Kopfes mit zur Bestimmung der 3D-Lage benutzt werden.

[0013] Weitere Ziele, Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/

oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung auch unabhängig von ihrer Zusammenfassung in einzelnen Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0015] Wie in der Zeichnung dargestellt, wird die auf einem Schwenk-Neige-Kopf 1 montierte Kamera 2 zunächst mit Hilfe einer in der Nähe angebrachten Kalibriertafel 3, welche mehrere Zielpunkte (Markierungen) 4 bekannter Koordinaten kalibriert. Bei dieser Kalibrierung werden die internen und externen Parameter der Kamera bestimmt, also bspw. Autofokus, Zoom und die Lagekoordinaten. Die Kalibrierung kann auch mit Hilfe von Zielpunkten (4) erfolgen, welche auf dem Objekt 5 selbst angebracht sind, dessen Lage im Raum bestimmt werden soll. Es ist auch möglich, die Kalibrierung mit einem äquivalenten Verfahren dazu vorzunehmen, bspw. durch die kontrollierte Bewegung der Kamera 2 und der Erkennung eines einzigen Zielpunktes bzw. einer einzigen Markierung.

[0016] Ist die Kalibrierung erfolgt, wird die Kamera 2 mit Hilfe des Schwenk-Neige-Kopfes 1 auf ein erstes Merkmal 6 eingestellt. Von diesem Merkmal sind die körperfesten Koordinaten bekannt. Das Merkmal 6 kann punkt- oder linienförmig sein. Bei einem linienförmigen Merkmal brauchen ausgezeichnete Punkte nicht zu erkennen sein.

[0017] Sodann wird mit Hilfe der Kamera 2 ein Bild des Körpers 5 mit dem ersten Merkmal 6 aufgenommen. Danach wird der Schwenk-Neige-Kopf 1 so eingestellt, dass von der Kamera 2 ein zweites Merkmal 6' auf den Körper 5 gesehen und aufgenommen werden kann. Von dem Merkmal 6' sind die körperfesten Koordinaten ebenfalls bekannt. Das Gleiche erfolgt mit Hilfe eines dritten Merkmals 6'' auf dem Körper 5.

[0018] In den drei so aufgenommenen Bildern werden die Bildkoordinaten der Merkmale 6, 6', 6'' mit Hilfe einer elektronischen Bildverarbeitung bestimmt. Aus diesen kann dann zusammen mit den Kalibrierparametern der Kamera 2 und den bekannten körperfesten Koordinaten der Merkmale 6, 6', 6'' die Lage des Körpers 5 im Raum bestimmt werden.

[0019] Es ist auch möglich, mehr als drei Merkmale 6, 6', 6'' für die Lagebestimmung des Körpers 5 im Raum zu benutzen. Ferner ist es auch möglich, mehr als ein Merkmal 6, 6', 6'' pro Bild zu benutzen.

[0020] Die Kamera 2 kann mit Autofokus und/oder Zoom ausgestattet sein. Zur Kalibrierung gehört dann auch die Autofokus- und/oder Zoom-Einstellung der Kamera.

[0021] Die Kalibrierung der Kamera 2 kann auch getrennt von der Lagebestimmung des Körpers 5 erfolgen, bspw. vorher. Dann können die Kalibrierungsparameter für alle späteren Anwendungen abgespeichert werden.

[0022] Es ist auch möglich, zur Lagebestimmung des Körpers 2 im Raum an der Kamera 2 zunächst den erforderlichen Zoom einzustellen, dann die Kamera 2 zu dem ersten Merkmal 6 zu schwenken, die Autofokus-Einstellung durchzuführen, die Kamera 2 auf die Kalibriertafel 3 zu schwenken, die notwendigen Kalibrierparameter zu bestimmen, dann die Kamera 2 zurückzuschwenken und die entsprechende Messung an dem ersten Merkmal 6 durchzuführen. Entsprechendes gilt für die weiteren Merkmale 6', 6''.

[0023] Statt Verwendung der Kalibriertafel 3 kann die Kalibrierung auch mit Hilfe des Objektes 5 selbst durchgeführt werden, wenn dieses dazu geeignet ist, also geeignete Zielpunkte 4 aufweist.

[0024] Wenn, eine weitere Möglichkeit der Erfindung, mehrere Kameras 2 mit Schwenk-Neige-Kopf 1 eingesetzt werden, können auch teilweise oder ganz überlappende Bildfelder benutzt werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Schwenk-Neige-Kopf
- 2 Kamera
- 3 Kalibriertafel
- 4 Zielpunkte
- 5 Körper
- 6, 6', 6'' Merkmale

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Körpers (5) im Raum unter Verwendung einer elektronischen Kamera (2) mit Bildverarbeitung, wobei die Kamera (2) mit Hilfe einer Kalibriertafel (3) oder dem Körper (5) selbst, auf welcher bzw. welchem mehrere bekannte Zielpunkte (4) angebracht sind, oder mit Hilfe einer kontrollierten Bewegung der Kamera (2) und einem einzelnen Zielpunkt (4) kalibriert wird, die Kamera (2) zur Bildaufnahme mit Hilfe eines Schwenk-Neige-Kopfes (1) hintereinander auf mindestens drei auf dem Körper (5) bestimmte Merkmale (6, 6', 6'') gerichtet wird, deren körperfeste Koordinaten jeweils bekannt sind, die Bildkoordinaten der drei Merkmale (6, 6', 6'') mit Hilfe der elektronischen Bildverarbeitung festgestellt werden und wobei schließlich aus diesen, aus den Kalibrierparametern der Kamera (2) und aus den bekannten körperfesten Koordinaten der Merkmale (6, 6', 6'') die Lage des Körpers (5) im Raum bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch Verschwenken der Kamera (2) mehr als drei auf dem Körper (5) bestimmte Merkmale (6, 6', 6'') zur Bildaufnahme benutzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Bildaufnahme mehr als ein auf dem Körper (5) bestimmtes Merkmal (6, 6', 6''), dessen Bildkoordinaten festgestellt werden, benutzt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kamera (2) mit Autofokus und/oder Zoom verwendet wird, wobei für die jeweilige Bildaufnahme die entsprechenden Einstellungen der Kamera (2) mit kalibriert werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst der erforderliche Zoom der Kamera (2) eingestellt, dann die Kamera (2) auf die entsprechenden Merkmale (6, 6', 6'') geschwenkt und die Autofokus-Einstellung vorgenommen werden, dann die Kalibrierung der Kamera (2) durchgeführt wird, indem die Kamera (2) z. B. auf die Kalibriertafel (3) verschwenkt wird, um die notwendigen Kalibrierparameter zu bestimmen, und dann die Kamera (2) auf die entsprechenden Merkmale (6, 6', 6'') des Körpers (5) zur Bildaufnahme und -auswertung zurück geschwenkt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierung der Kamera (2) vor der eigentlichen Lagebestimmung ausgeführt und die Kalibrierparameter elektronisch abgespeichert werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere auf Schwenk-Neige-Köpfen (1) gelagerte Kameras (2) verwendet werden.
8. Verfahren insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Merkmal (6, 6', 6'') auf dem Körper (5) benutzt und dieses unter mindestens zwei verschiedenen Einstellungen des Schwenk-Neige-Kopfes (1) betrach-

tet wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

